



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AOS PROCESSOS
EROSIVOS: ESTUDO DE CASO EM ITAPORANGA D’AJUDA
(SE)**

Fábio Tavares Lisboa

SÃO CRISTÓVÃO, 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AOS PROCESSOS EROSIVOS: ESTUDO DE CASO EM ITAPORANGA D’AJUDA (SE)

Trabalho final apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Sergipe, como parte integrante dos requisitos para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.



Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

Orientador

Fábio Tavares Lisboa

SÃO CRISTÓVÃO, 2019

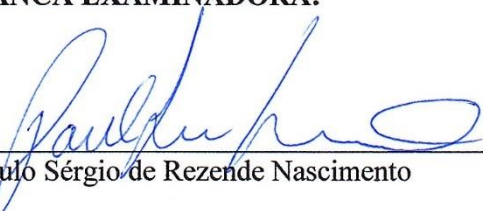
Trabalho apresentado e aprovado em 15 de março de 2019 pelo Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Sergipe para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.



Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

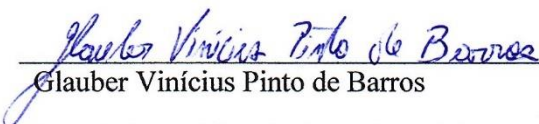
Orientador

BANCA EXAMINADORA:



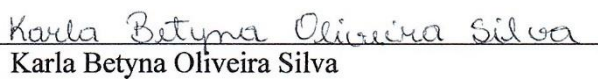
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

Prof. Dr. (Departamento de Engenharia Ambiental – UFS)



Glauber Vinícius Pinto de Barros

Engenheiro Ambiental e Sanitarista e Mestrando
(Programa de Pós-Graduação em Meteorologia – UFAL)



Karla Betyna Oliveira Silva

Engenheira Ambiental e Sanitarista e Mestranda
(Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais – UFS)

Resumo: Os processos geodinâmicos exógenos como a erosão, sobretudo em encostas, são intensificados pelo crescimento urbano desordenado, ocasionando sérios danos ao meio ambiente e à socioeconomia. Em virtude disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a vulnerabilidade à erosão laminar e linear de uma encosta localizada no município de Itaporanga d'Ajuda (SE). Para tanto, infiltrômetros e pinos de erosão foram instalados em pontos de controle na área de estudo e realizadas medições da taxa de infiltração de água e da perda de solo ocasionada pelos processos erosivos. Constatou-se que pontos com ausência de cobertura vegetal foram os que apresentaram as menores taxas de infiltração de água, de apenas 2,46 ml/min, e as maiores perdas de solo por erosão, de 4,4 cm ao total no pino de erosão 4. Pela análise dos dados obtidos, conclui-se que a área de estudo está vulnerável aos processos erosivos e necessita de medidas de prevenção e contenção.

Palavras-Chave: Erosão laminar e linear. Infiltrômetros. Pinos de erosão.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	05
2 MATERIAIS E MÉTODOS	07
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4 CONCLUSÕES	17
REFÊRENCIAS	18
ANEXO A – Tabela 2	20
ANEXO B – Tabela 3	21
ANEXO C – Tabela 4	22

1 INTRODUÇÃO

A dinâmica superficial terrestre ou geodinâmica exógena interage na interface entre a litosfera, hidrosfera e atmosfera, modelando a paisagem terrestre juntamente com a geodinâmica endógena. A Geologia, Geomorfologia e Pedologia são as áreas específicas das Geociências que estudam a geodinâmica global com foco nas transformações superficiais do planeta. A Geotecnia Ambiental, Geologia de Engenharia e a Engenharia Ambiental são as áreas da Geologia Pura e Aplicada que têm como vertente a geodinâmica externa da Terra. As suas principais metas são diagnosticar, prognosticar e solucionar ou minimizar os problemas socioeconômicos e ambientais ocasionados pela apropriação irregular da superfície da Terra. Nesse contexto, as ciências supracitadas estão unificadas no propósito de manter a sustentabilidade ambiental e a integridade socioeconômica frente aos fatores naturais e antrópicos desencadeadores e intensificadores da geodinâmica exógena (NASCIMENTO, 2004).

A geodinâmica exógena, de forma genérica, é controlada pelos processos geológico-geomorfológicos, onde os agentes condicionantes são classificados, por Guindicini e Nieble (1976), como predisponentes e efetivos. Os agentes predisponentes referem-se a um conjunto de características naturais intrínsecas dos terrenos e os agentes efetivos correspondem às ações antrópicas que aceleram e intensificam os processos exógenos que modificam a superfície da Terra, como por exemplo, os processos erosivos. Nessa abordagem, de acordo com ISDR (2004), a susceptibilidade representa o conjunto de agentes predisponentes e a vulnerabilidade corresponde as consequências referentes a interação do homem com o meio (conjunto de agentes efetivos).

De acordo com Salomão e Iwasa (1995), a erosão é o processo em que as partículas do solo e das rochas são desagregadas e removidas pela ação combinada da força da gravidade com os agentes erosivos: água, gelo, ventos e organismos (plantas e os animais). Os processos erosivos são classificados, por Cerri e Amaral (1998), como naturais ou geológicos e acelerados ou antrópicos. Na primeira situação, a erosão se desenvolve de forma lenta e contínua; na segunda, a erosão é induzida pela ação humana, onde a sua intensidade é superior a formação do solo. Os processos erosivos acelerados podem instabilizar taludes e encostas (AUGUSTO FILHO; VIRGILI, 1998; INFANTI JÚNIOR; 1998), ocasionando perdas do terreno, moradias, ruas/estradas e assoreamento dos recursos hídricos superficiais.

Segundo Infanti Júnior e Fornasari Filho (1998), a erosão hídrica é ocasionada pelas chuvas e compreende três etapas: (i) impacto das chuvas no solo, causando a desagregação de

partículas; (ii) escoamento superficial, provocando a remoção e transporte do material formado; e (iii) deposição do material, formando assim depósitos sedimentares e assoreando os corpos hídricos. Esses autores, de acordo com o tipo de escoamento superficial ao longo da encosta, classificam a erosão hídrica como laminar ou linear. Na erosão laminar, o escoamento da água é difuso e há remoção de uma delgada e uniforme camada do solo superficial. A erosão linear é decorrente da concentração das linhas de fluxo do escoamento superficial, resultando em feições erosivas (sulcos, ravinas e boçorocas) na superfície do terreno.

A intensificação da incisão do fluxo concentrado no terreno transforma os sulcos em ravinas. A continuidade do ravinamento e a erosão interna (*piping*) origina-se a boçoroca, que é o estágio mais avançado da erosão (BASTOS, 2004). O avanço linear em profundidade da boçoroca cessa ao atingir o nível de base erosivo (nível freático). Neste estágio, a continuidade do processo de intensificação da boçoroca se dá em comprimento da jusante para montante e pelas paredes laterais, formando ramificações (NASCIMENTO, 2004).

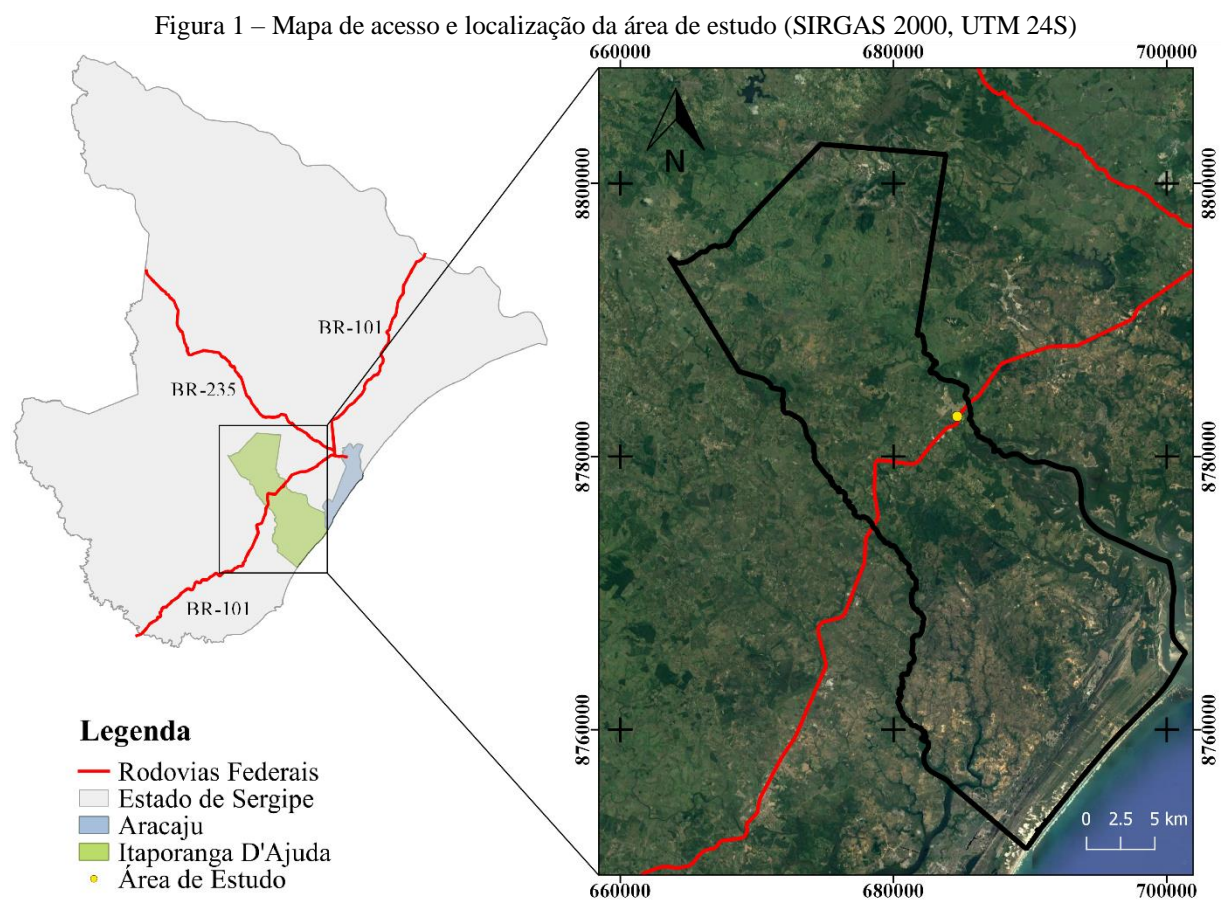
O município sergipano, Itaporanga D'Ajuda, possui áreas sujeitas a processos erosivos, que podem resultar em danos socioeconômicos em áreas ocupadas ou não. Dessa forma, o objetivo geral deste estudo foi avaliar a vulnerabilidade à erosão hídrica de uma encosta de corte no município de Itaporanga D'Ajuda, visando elaborar o diagnóstico e prognóstico. Desta forma, foram definidos os seguintes objetivos específicos: (i) coletar dados de taxa de sedimentação e infiltração; (ii) aplicar os resultados a conhecimentos sobre a geomorfologia local; e (iii) expressar os resultados obtidos através de técnicas de cartografia e modelagem.

Este trabalho tem como importância evitar que a população local e os motoristas que trafegam pelas imediações do município de Itaporanga D'Ajuda, como na BR-101, estejam expostos aos riscos dos processos erosivos, de modo que contribua para uma melhor proteção em áreas de encostas com declividade superior a 45°, que segundo o artigo 4º da lei 12.651, de 25 de maio de 2012, devem ser preservadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento desse trabalho foram: (i) programas QGIS e SURFER; (ii) dados digitais em formato vetorial da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH, 2013); (iii) imagens de satélite obtidas do Google Earth (2016); (iv) receptor GPS; (v) pinos de erosão; (vi) infiltrômetros de Policloreto de Polivinila (PVC); (vii) dados pluviométricos obtidos do portal Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018) de Itaporanga d'Ajuda (SE) (estação - 1037007); (viii) dados SRTM (quadrícula - 11S375) do projeto TOPODATA, disponibilizados gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2011).

A área de estudo escolhida é uma encosta localizada no município de Itaporanga d'Ajuda (SE). A encosta apresenta uma área de aproximadamente 9.898 m² e fica localizada às margens da BR-101 no ponto de coordenadas UTM de longitude 684662 e latitude 8782942. O mapa de acesso e localização foi elaborado no programa QGIS com os dados obtidos da SEMARH e imagens de satélite do Google Earth como pode ser observado na Figura 1.



A escolha da área de estudo se deu por conta da facilidade de acesso, segurança e por ser um local propício a ocorrência de processos erosivos. Desta forma, a área estudada é apropriada para a aplicação da técnica de pinos de erosão dos autores De Ploey e Gabriels (1980, apud Guerra, 2005), visando entender as geodinâmicas exógenas. Delimitou-se a área em análise e definiu-se um perfil perpendicular à encosta para a medição da perda ou acúmulo de sedimentos adaptando-se a metodologia de pinos de erosão.

Foram utilizados pinos de ferro em virtude da sua resistência ser maior do que as estacas de madeira. O método consistiu em utilizar pinos com um comprimento de 35 cm, dos quais um valor mínimo de 10 cm foi enterrado no solo, e se mediu as alturas da parte do pino que ficou exposta na superfície. No trabalho de campo realizado na data de (19/05/2017) foram instalados pinos em 11 (onze) pontos e anotadas as primeiras alturas. A segunda leitura das alturas foi realizada no dia (19/07/2017) e somente 4 (quatro) pontos ainda se encontravam íntegros. Dessa forma, mediu-se a perda (erosão) e/ou acúmulo (deposição) dos sedimentos apenas nestes pontos.

Os infiltrômetros foram utilizados para a obtenção da taxa de infiltração de água pluvial seguindo o modelo idealizado por Hills (1970, apud Guerra, 2005). No terceiro trabalho de campo (21/12/2017) foram instalados os infiltrômetros com 15 cm de altura e 10 cm de diâmetro interno (d). Estes foram inseridos 5 cm no solo e fixou-se uma régua graduada em seu interior como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Infiltrômetro sendo utilizado para aferir a taxa de infiltração



Fonte: Autor, 2017.

Esses foram preenchidos por água e as profundidades de infiltração foram medidas por uma régua nos instantes de tempo de 30 s, 60 s, 90 s e 120 s. Após esse tempo, as profundidades

foram medidas a cada 60 s até completar o tempo total de 30 minutos. A partir da medida da altura de água que infiltrou (h), calculou-se o volume da água infiltrada pela Equação 1 e a taxa de infiltração pela Equação 2.

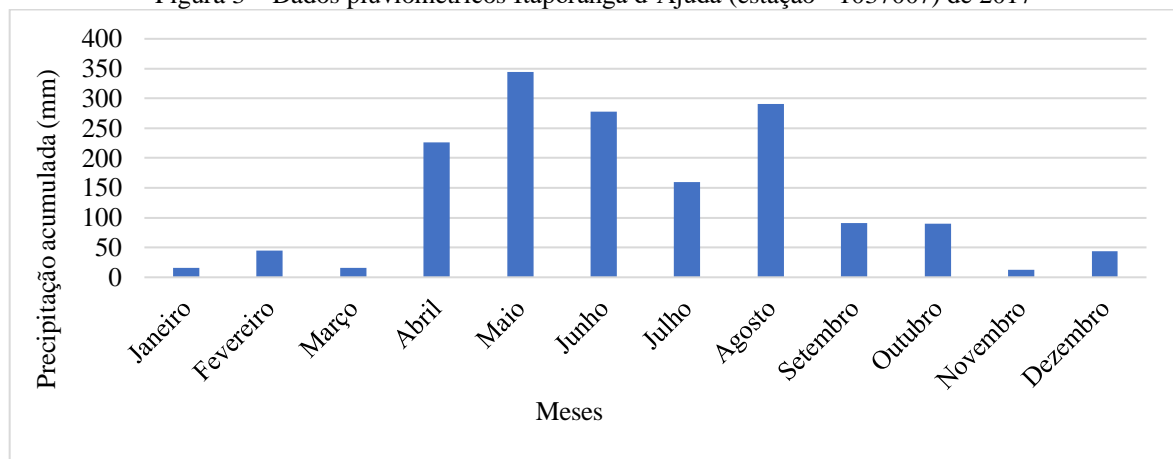
$$\text{Volume infiltrado} = \pi \left(\frac{d^2}{2} \right) h \quad (1)$$

$$\text{Taxa de infiltração} = \frac{\text{Volume infiltrado acumulado (ml)}}{\text{Tempo total (min)}} \quad (2)$$

Para comparar os valores de infiltração de água no solo da base da encosta foram instalados infiltrômetros em áreas com: (i) vegetação densa; (ii) vegetação rala; (iii) solo exposto. Para cada área foram selecionados três pontos para replicar o experimento e fazer uma média dos tempos marcados, produzindo assim uma estimativa mais confiável. Foi necessário realizar o teste em um período com menor incidência de chuvas, pois se o solo estivesse úmido teria a sua taxa de infiltração reduzida e afetaria os resultados.

Os dados pluviométricos da Figura 3 foram obtidos da estação 1037007 da ANA em Itaporanga d'Ajuda (SE), por estar localizada próxima da área de estudo e ser uma fonte confiável. Pela análise desses dados, pode-se compreender melhor como os processos erosivos e de movimento de massa das encostas se deram em relação aos diferentes índices de pluviosidade entre o período de trabalho de campo nos meses de maio a julho.

Figura 3 – Dados pluviométricos Itaporanga d'Ajuda (estação - 1037007) de 2017



Fonte: ANA, 2018.

Para uma melhor visualização e análise dos processos erosivos na área de estudo, os dados SRTM da área de estudo foram recortados no QGIS e importados para o programa Surfer 13. Neste, foram confeccionados os mapas de superfície representativos da topografia da área de estudo. Desta forma, foi possível analisar o relevo e o comportamento do escoamento superficial da água da chuva.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 pode-se observar feições erosivas em uma porção da encosta da área de estudo. O processo de ravinamento encontra-se avançado, apresentando feições iniciais de boçorocas, com deslocamento de volumes consideráveis de material pela perda da sustentação na base da encosta. A presença de residências e estabelecimentos comerciais nas imediações a jusante da encosta evidencia o risco geológico que a população está submetida.

Figura 4 – Feições erosivas e em uma porção da encosta da área de estudo

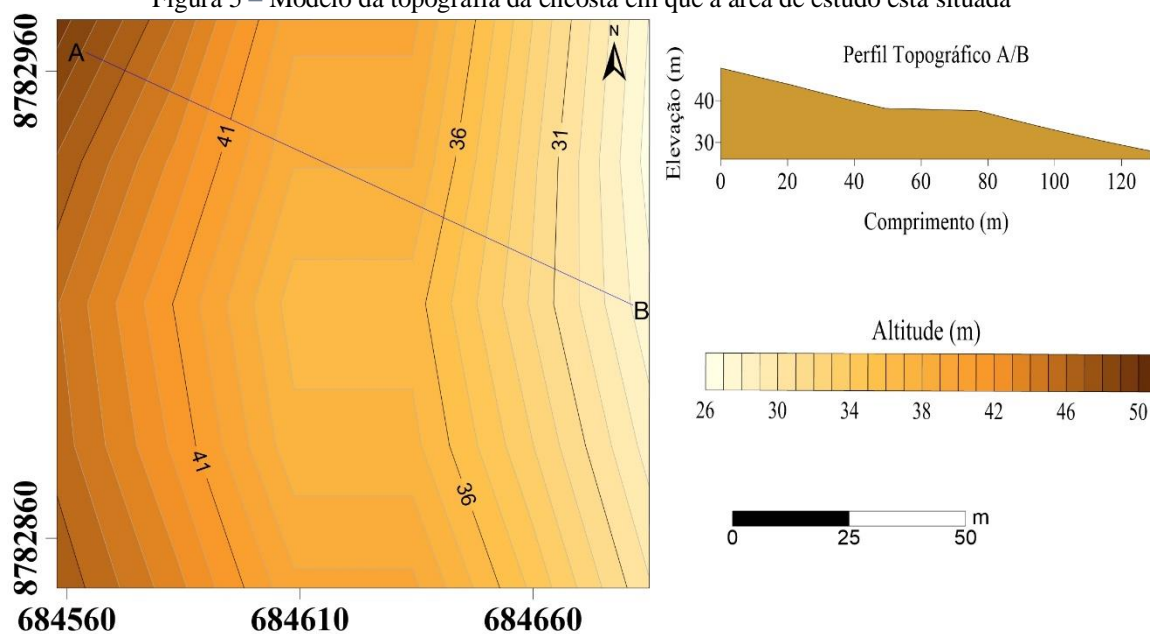


Fonte: Autor, 2017.

Durante os trabalhos de campo, foi possível observar outras encostas com padrões semelhantes de erosão aos da área de estudo. Essas encostas apresentam em comum a escassa ou inexistente cobertura vegetal e a proximidade a ocupações antrópicas. Estas características indicam que a encosta estudada não é um caso isolado, e sim mais um exemplo comum de área de risco próximo às margens da BR-101 no município de Itaporanga d'Ajuda.

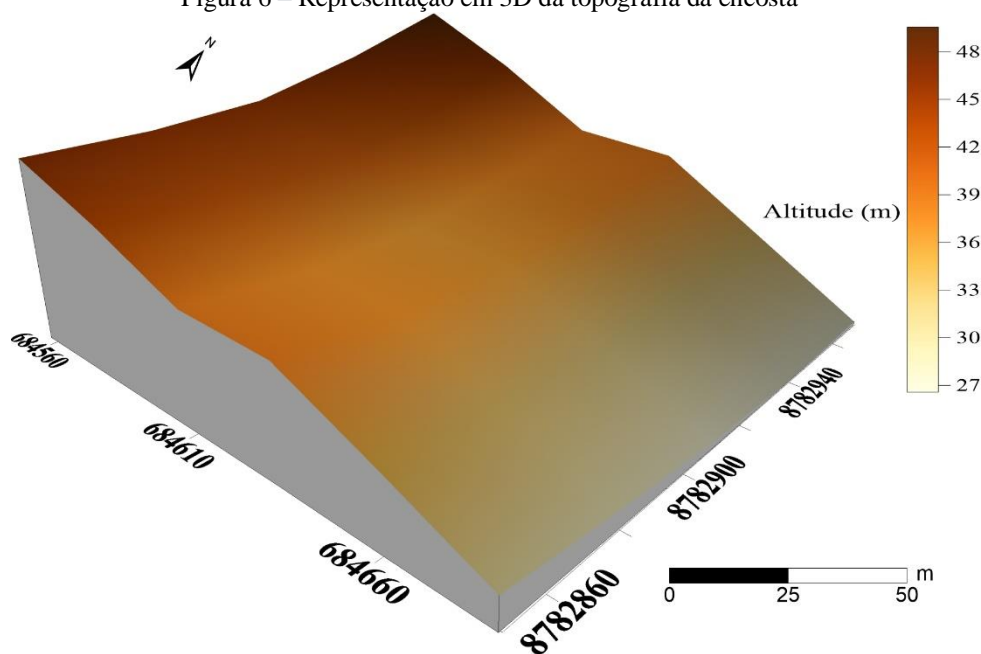
Pode-se observar nos modelos das figuras 5 e 6, realizados no *software* Surfer, que o declive da encosta é no sentido de leste a oeste, com variações de cotas altimétricas de mínimo 26 m e máximo 50 m com relação ao nível do mar. O perfil topográfico da encosta representa o seu comprimento e a sua declividade. Estas características intrínsecas são importantes para avaliar a ocorrência e a magnitude dos processos de erosão pelo escoamento da água superficial das chuvas. Esses são intensificados pelo desmatamento, construção da BR-101 e urbanização.

Figura 5 – Modelo da topografia da encosta em que a área de estudo está situada



Fonte: INPE, 2011.

Figura 6 – Representação em 3D da topografia da encosta



Fonte: INPE, 2011.

O desenvolvimento das ravinas e boçorocas como a da Figura 7 é resultante principalmente da ausência de vegetação, construção da rodovia e da área urbana, e pela alta declividade do terreno. Assim, a concentração de fluxo de água sobre o solo exposto (erosão linear) e o fluxo difuso (erosão laminar) intensificam o processo erosivo. Por outro lado, a presença de vegetação em encostas reduz a velocidade das águas pluviais e diminui o arraste gradativo das camadas superficiais do solo e do aprofundamento de sulcos, ravinas e boçorocas.

Figura 7 – Formação de boçoroca em encosta localizada próxima da área de estudo



Fonte: Autor, 2017.

A Tabela 1 apresenta (h_1) como o valor medido da altura no pino de erosão durante o primeiro trabalho de campo (19/05/2017) e (h_2) como valor da segunda medição (19/07/2017).

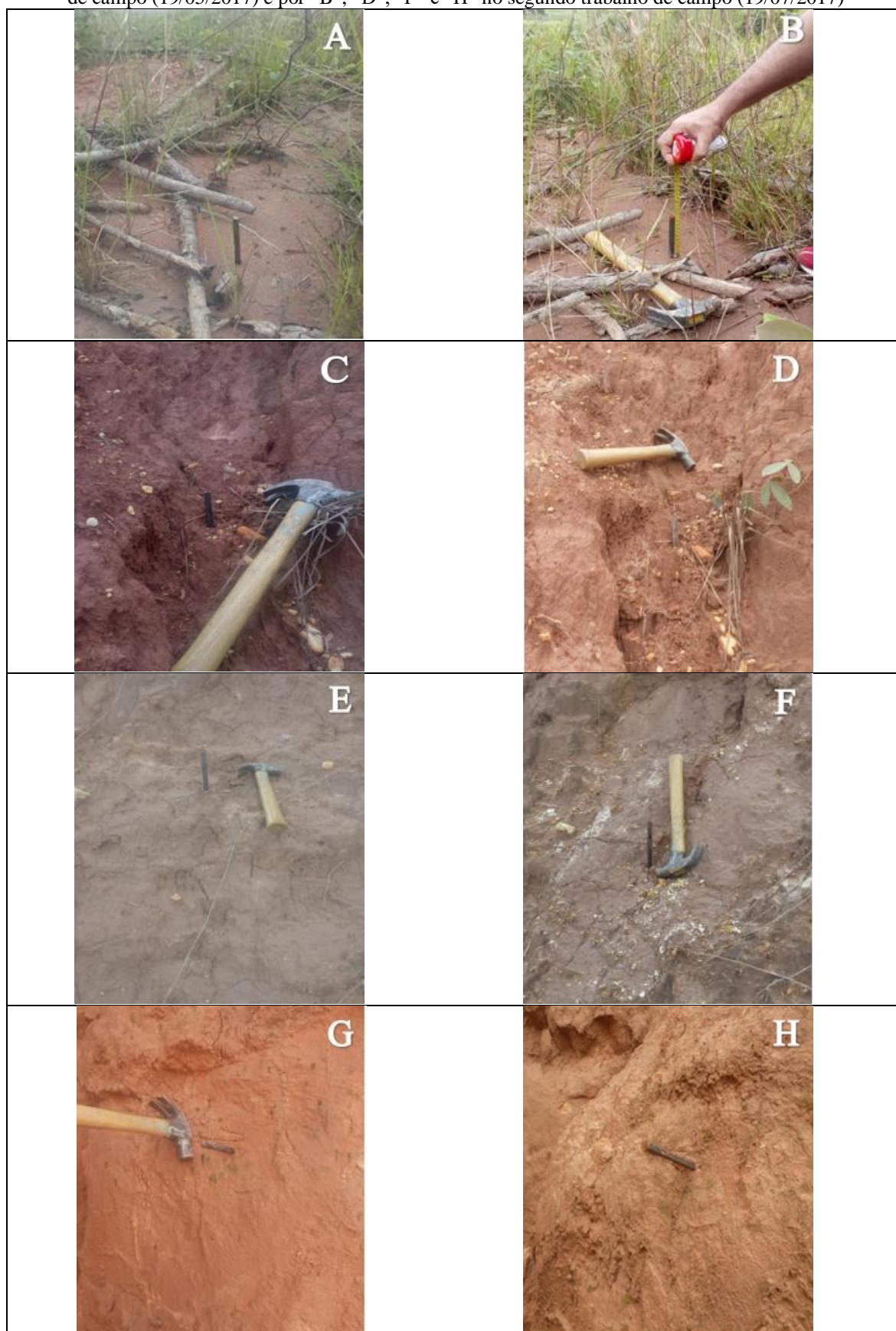
Tabela 1 – Alturas dos pinos de erosão preservados com suas coordenadas UTM zona 24S

Ponto	Longitude	Latitude	h_1 (cm)	h_2 (cm)
2	684662	8782942	12,5	11
3	684657	8782947	6,5	6,5
4	684655	8782942	10,5	12,5
8	684630	8782935	8	8,5

Fonte: Autor, 2017.

A Figura 9 ilustra os pinos de erosão remanescentes nas datas do primeiro trabalho de campo (19/05/2017) e do segundo (19/07/2017). O pino de erosão do ponto 2, representado nas Figuras 9A e 9B, diminuiu 1,5 cm de altura, evidenciando a deposição da camada de sedimento. Este acúmulo já era esperado em decorrência da localização a jusante e do relevo plano da base da encosta. O pino 3, como mostra as Figuras 9C e 9D, escolhido a montante do pino 2 e no centro de um sulco, não apresentou aprofundamento, o que era esperado. No entanto, ocorreu o alargamento desta feição linear, indicando provável formação de uma ravina. O pino 4, ilustrado nas Figuras 9E e 9F, situado a montante do pino 3, apresentou a maior perda de sedimentos (2,0 cm). Estes resultados indicam o transporte dos sedimentos da montante para a jusante de acordo com o escoamento da água superficial, e consequentemente, a progressão do processo de erosão linear hídrica da jusante para montante. O pino do ponto 8, representado nas Figuras 9G e 9H, foi instalado horizontalmente na parte superior da encosta com maior inclinação e com feições de ruptura. Tal característica é uma evidência de um desmoronamento da vertente, comprovada pela perda de 0,5 cm de sedimentos.

Figura 9 – Pinos de erosão 2, 3, 4 e 8 respectivamente indicados por “A”, “C”, “E” e “G” no primeiro trabalho de campo (19/05/2017) e por “B”, “D”, “F” e “H” no segundo trabalho de campo (19/07/2017)



Fonte: Autor, 2017.

O pino 4 foi o único encontrado em um trabalho de campo realizado no dia (14/06/2018) com uma altura de 14,9 cm , totalizando uma perda de 4,4 cm de solo desde o início da avaliação (16/05/2017) como pode ser observado na Figura 10. A velocidade com que esse solo se perdeu é uma preocupação ambiental, uma vez que segundo Ross (2005), os solos se desenvolvem a partir de uma matriz rochosa e 2,5 cm de solo leva de cem a dois mil anos para se formar, a depender da região e do tipo de solo.

Figura 10 – Pino de erosão 4 destacado em azul no quarto trabalho de campo (14/06/2018)



Fonte: Autor, 2017.

Os processos erosivos na área de estudo são intensificados no período de abril a agosto. Esses meses apresentaram índices de pluviosidade consideravelmente maiores do que os outros meses do ano. Isso pode ser constatado comparando o quanto de solo foi perdido no pino 4 no período entre as primeiras medições (19/05/2017 e 19/07/2017) e das últimas (19/07/2017 e 14/06/2018), as quais houve uma perda de 2 cm de solo em dois meses e uma perda de 2,4 cm em onze meses. Embora a perda de solo no segundo período tenha sido maior, o intervalo de tempo superior não condiz com a pouca diferença.

A ausência de 7 (sete) pontos verificados no segundo trabalho de campo indica a apropriação da comunidade, pois foram encontradas pegadas humanas, vegetação desmatada provavelmente para pastagem como pode ser observado na Figura 8 e presença de resíduos sólidos próximos dos locais de instalação dos pinos.

Figura 8 – Vegetação cortada em área a jusante da encosta e próxima da rodovia



Fonte: Autor, 2017.

Foi constatado, por meio dos pinos de erosão e de observações das mudanças na área de estudo ilustradas nas Figuras 11A e 11B, que houve uma erosão acelerada na encosta. Pontos em locais inclinados e com ausência de vegetação tiveram maiores perdas de solo devido ao impacto das gotas de chuva e o escoamento superficial no solo desprotegido. Os sedimentos removidos tendem a se depositar em áreas a jusante da encosta e representam um risco de assoreamento dos corpos hídricos.

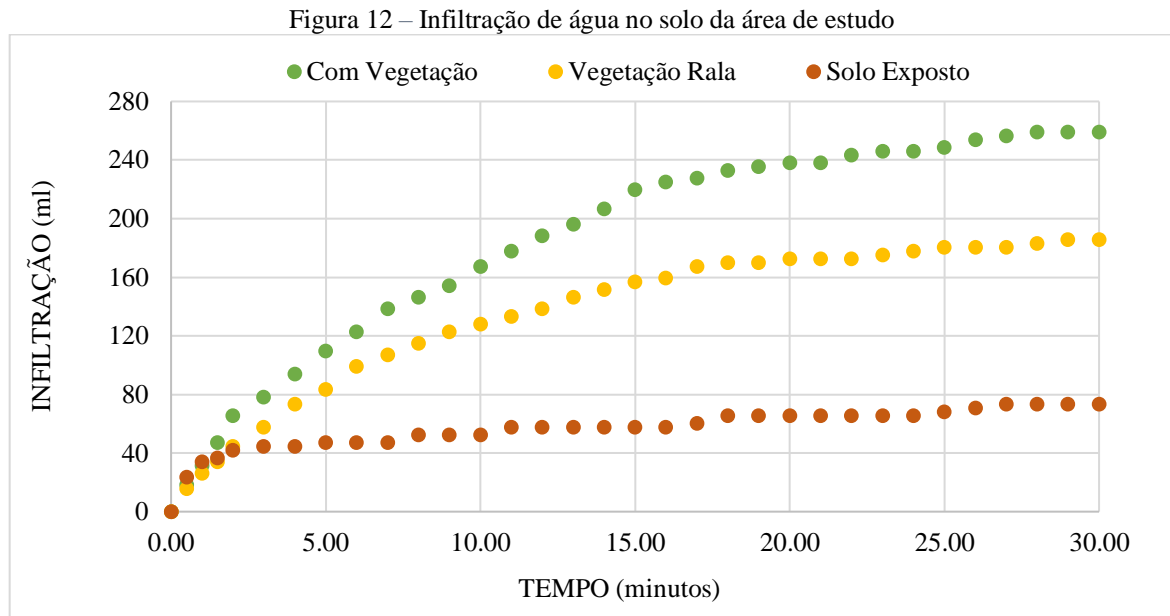
Figura 11 – Feições erosivas em porção da encosta em (A - 19/07/2017) e (B - 14/06/2018)



Fonte: Autor, 2017.

Os dados de infiltração de água no solo obtidos estão presentes na Tabela 2 para os pontos da área de solo exposto, Tabela 3 para os pontos da área com vegetação rala, e Tabela 4

para os pontos da área com vegetação densa nos Anexos A, B e C. Esses dados são representados na Figura 12 pelo gráfico da taxa de infiltração de água nas respectivas áreas supracitadas.



Fonte: Autor, 2017.

As taxas médias de infiltração calculadas foram de 2,46 ml/min, 6,17 ml/min e 9,16 ml/min nas áreas com solo exposto, vegetação rala e vegetação densa, respectivamente. Os resultados obtidos para a taxa de infiltração condizem com a presença ou não de vegetação, uma vez que esta permite uma melhor infiltração de água no solo, minimizando a erosão pelo arraste de água superficial, em oposição ao solo exposto. Portanto, a revegetação da encosta, preferencialmente com espécies nativas, apresentaria bons resultados para a contenção dos processos erosivos.

Outras alternativas para contenção dos processos erosivos na área de estudo seriam as medidas para mitigação de acidentes em encostas abordadas pelos autores Polivanov e Barroso (2011) como: (i) retaludamento, que consiste em reduzir o ângulo global do talude através de cortes ou aterros, controlando assim a drenagem e reduzindo a infiltração e (ii) obras de contenção, como o muro de arrimo, que oferece maior resistência à ruptura na encosta.

4 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou uma análise dos processos erosivos em uma encosta localizada no município de Itaporanga d'Ajuda. Esta apresentou susceptibilidade à erosão hídrica devido ao comprimento da encosta e elevados índices pluviométricos nos períodos chuvosos. A remoção da cobertura vegetal e o corte das encostas (taludes inadequados), decorrentes do crescimento urbano, intensificaram a vulnerabilidade erosiva da encosta.

A perda de solo, medida nos pontos de controle, é muito superior à sua formação. Isto indica o quanto a erosão está acentuada na área de estudo e provoca alterações na paisagem como sulcos, ravinas e boçorocas. Essas alterações são causadoras de riscos não só para a população local como aos motoristas que trafegam pela região. Estes riscos podem ser reduzidos por meio de medidas mitigadoras como a revegetação de espécies nativas e o cercamento e desocupação das áreas vulneráveis.

Dada a importância do assunto, sugere-se que seja adotado um monitoramento, utilizando uma maior quantidade de pinos de erosão e fazendo um cercamento da área do trabalho, em outros locais susceptíveis e vulneráveis à erosão. Realizando desta forma uma avaliação mais rápida e evitando perda de dados por interferências humanas nos pontos de controle.

Nesse sentido, a utilização das metodologias apresentadas neste estudo permitiu diagnosticar e prognosticar a área de estudo com relação à vulnerabilidade aos processos erosivos. Possibilitando uma avaliação efetiva e, conseqüentemente, uma melhora no quadro atual dos impactos ambientais como o assoreamento de rios e danos em rodovias e habitações.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional das Águas. **Sistema de informações hidrológicas**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 06 dez. 2018.

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. Estabilidade de talude. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Eds.) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Ed. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, 1998. p. 243-269.

BASTOS, C. A. B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. 251 p.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de mai. de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 mai. 2012.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A. (eds.) 1998. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Ed. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, 1998. p. 301-310.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil LTDA. 2005. p. 139-155.

GUINDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1976. 170 p.

INFANTI JÚNIOR, N.; FORNASARI, F.N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, 1998. p. 131-152.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 10 dez. 2017.

ISDR – International Strategy for Disaster Reduction. **Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives**. Geneva: World Meteorological Organization and the Asian Disaster Reduction Center, 2004. Disponível em: http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm. Acesso em 13 dez 2018.

NASCIMENTO, P. S. R. **Subsídio à gestão ambiental hidroviária: o Empreendimento Hídrico Santa Maria da Serra**. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004. 170 p.

POLIVANOV, H.; BARROSO, E.V. Geotecnia Urbana. In GUERRA A.J.T.; CUNHA S.B. **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil LTDA. 2011. p. 178-184.

QGIS, versão 2.18.28. **QGIS Development Team**, 2002. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 21 jan. 2019.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. Vol. 5. São Paulo: Universidade de São Paulo – EDUSP, 2005. 123 p.

SALOMÃO, F. X. T.; IWASA, O. Y. Erosão e a ocupação rural e urbana. In: BITAR, O.Y. (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1995. p. 31-57.

SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Atlas digital sobre recursos hídricos de Sergipe**. Disponível em: http://www.semarh.se.gov.br/recursoshidricos/?page_id=486. Acesso em: 10 dez. 2018.

SURFER, versão 13. **Golden Software**, 1983. Disponível em: <http://www.goldensoftware.com>. Acesso em: 12 out. 2017.

ANEXO A – Tabela 2

Tabela 2 – Dados de infiltração em pontos com solo exposto

Tempo (min)	Medição Ponto 1 (cm)	Medição Ponto 2 (cm)	Medição Ponto 3 (cm)	Média Pontos (cm)	Altura infiltrada (cm)	Volume Infiltrado (ml)	Volume Acumulado (ml)
0,00	10,00	11,00	10,70	10,57	0,00	0,00	0,00
0,50	9,80	10,50	10,50	10,27	0,30	23,55	23,55
1,00	9,60	10,40	10,40	10,13	0,13	10,47	34,02
1,50	9,50	10,40	10,40	10,10	0,03	2,62	36,63
2,00	9,40	10,30	10,40	10,03	0,07	5,23	41,87
3,00	9,30	10,30	10,40	10,00	0,03	2,62	44,48
4,00	9,30	10,30	10,40	10,00	0,00	0,00	44,48
5,00	9,20	10,30	10,40	9,97	0,03	2,62	47,10
6,00	9,20	10,30	10,40	9,97	0,00	0,00	47,10
7,00	9,20	10,30	10,40	9,97	0,00	0,00	47,10
8,00	9,10	10,30	10,30	9,90	0,07	5,23	52,33
9,00	9,10	10,30	10,30	9,90	0,00	0,00	52,33
10,00	9,10	10,30	10,30	9,90	0,00	0,00	52,33
11,00	9,00	10,20	10,30	9,83	0,07	5,23	57,57
12,00	9,00	10,20	10,30	9,83	0,00	0,00	57,57
13,00	9,00	10,20	10,30	9,83	0,00	0,00	57,57
14,00	9,00	10,20	10,30	9,83	0,00	0,00	57,57
15,00	9,00	10,20	10,30	9,83	0,00	0,00	57,57
16,00	9,00	10,20	10,30	9,83	0,00	0,00	57,57
17,00	9,00	10,20	10,20	9,80	0,03	2,62	60,18
18,00	8,90	10,10	10,20	9,73	0,07	5,23	65,42
19,00	8,90	10,10	10,20	9,73	0,00	0,00	65,42
20,00	8,90	10,10	10,20	9,73	0,00	0,00	65,42
21,00	8,90	10,10	10,20	9,73	0,00	0,00	65,42
22,00	8,90	10,10	10,20	9,73	0,00	0,00	65,42
23,00	8,90	10,10	10,20	9,73	0,00	0,00	65,42
24,00	8,90	10,10	10,20	9,73	0,00	0,00	65,42
25,00	8,80	10,10	10,20	9,70	0,03	2,62	68,03
26,00	8,80	10,10	10,10	9,67	0,03	2,62	70,65
27,00	8,80	10,00	10,10	9,63	0,03	2,62	73,27
28,00	8,80	10,00	10,10	9,63	0,00	0,00	73,27
29,00	8,80	10,00	10,10	9,63	0,00	0,00	73,27
30,00	8,80	10,00	10,10	9,63	0,00	0,00	73,27

ANEXO B – Tabela 3

Tabela 3 – Dados de infiltração em pontos com vegetação rala

Tempo (min)	Medição Ponto 1 (cm)	Medição Ponto 2 (cm)	Medição Ponto 3 (cm)	Média Pontos (cm)	Altura infiltrada (cm)	Volume Infiltrado (ml)	Volume Acumulado (ml)
0,00	10,30	11,00	10,60	10,63	0,00	0,00	0,00
0,50	10,30	10,80	10,20	10,43	0,20	15,70	15,70
1,00	10,20	10,70	10,00	10,30	0,13	10,47	26,17
1,50	10,10	10,60	9,90	10,20	0,10	7,85	34,02
2,00	10,00	10,50	9,70	10,07	0,13	10,47	44,48
3,00	9,80	10,40	9,50	9,90	0,17	13,08	57,57
4,00	9,50	10,30	9,30	9,70	0,20	15,70	73,27
5,00	9,30	10,30	9,10	9,57	0,13	10,47	83,73
6,00	9,00	10,20	8,90	9,37	0,20	15,70	99,43
7,00	8,80	10,20	8,80	9,27	0,10	7,85	107,28
8,00	8,70	10,10	8,70	9,17	0,10	7,85	115,13
9,00	8,60	10,00	8,60	9,07	0,10	7,85	122,98
10,00	8,50	10,00	8,50	9,00	0,07	5,23	128,22
11,00	8,40	10,00	8,40	8,93	0,07	5,23	133,45
12,00	8,30	10,00	8,30	8,87	0,07	5,23	138,68
13,00	8,20	9,90	8,20	8,77	0,10	7,85	146,53
14,00	8,10	9,90	8,10	8,70	0,07	5,23	151,77
15,00	8,00	9,90	8,00	8,63	0,07	5,23	157,00
16,00	8,00	9,90	7,90	8,60	0,03	2,62	159,62
17,00	7,90	9,80	7,80	8,50	0,10	7,85	167,47
18,00	7,90	9,80	7,70	8,47	0,03	2,62	170,08
19,00	7,90	9,80	7,70	8,47	0,00	0,00	170,08
20,00	7,80	9,80	7,70	8,43	0,03	2,62	172,70
21,00	7,80	9,80	7,70	8,43	0,00	0,00	172,70
22,00	7,80	9,80	7,70	8,43	0,00	0,00	172,70
23,00	7,80	9,80	7,60	8,40	0,03	2,62	175,32
24,00	7,70	9,80	7,60	8,37	0,03	2,62	177,93
25,00	7,70	9,70	7,60	8,33	0,03	2,62	180,55
26,00	7,70	9,70	7,60	8,33	0,00	0,00	180,55
27,00	7,70	9,70	7,60	8,33	0,00	0,00	180,55
28,00	7,70	9,70	7,50	8,30	0,03	2,62	183,17
29,00	7,60	9,70	7,50	8,27	0,03	2,62	185,78
30,00	7,60	9,70	7,50	8,27	0,00	0,00	185,78

ANEXO C – Tabela 4

Tabela 4 – Dados de infiltração em pontos com vegetação

Tempo (min)	Medição Ponto 1 (cm)	Medição Ponto 2 (cm)	Medição Ponto 3 (cm)	Média Pontos (cm)	Altura infiltrada (cm)	Volume Infiltrado (ml)	Volume Acumulado (ml)
0,00	11,80	12,00	12,50	12,10	0,00	0,00	0,00
0,50	11,70	11,80	12,10	11,87	0,23	18,32	18,32
1,00	11,60	11,60	11,80	11,67	0,17	13,08	31,40
1,50	11,50	11,50	11,50	11,50	0,20	15,70	47,10
2,00	11,30	11,40	11,20	11,30	0,23	18,32	65,42
3,00	11,10	11,10	11,00	11,07	0,17	13,08	78,50
4,00	11,00	10,90	10,80	10,90	0,20	15,70	94,20
5,00	10,90	10,50	10,70	10,70	0,20	15,70	109,90
6,00	10,70	10,20	10,60	10,50	0,17	13,08	122,99
7,00	10,60	9,90	10,50	10,33	0,20	15,70	138,69
8,00	10,40	9,60	10,40	10,13	0,10	7,85	146,54
9,00	10,30	9,50	10,30	10,03	0,10	7,85	154,39
10,00	10,30	9,30	10,20	9,93	0,17	13,08	167,47
11,00	10,20	9,00	10,10	9,77	0,13	10,47	177,94
12,00	10,10	8,80	10,00	9,63	0,13	10,47	188,40
13,00	10,00	8,60	9,90	9,50	0,10	7,85	196,25
14,00	9,90	8,50	9,80	9,40	0,13	10,47	206,72
15,00	9,80	8,30	9,70	9,27	0,17	13,08	219,80
16,00	9,70	8,00	9,60	9,10	0,07	5,23	225,04
17,00	9,60	8,00	9,50	9,03	0,03	2,62	227,65
18,00	9,50	8,00	9,50	9,00	0,07	5,23	232,89
19,00	9,40	7,90	9,50	8,93	0,03	2,62	235,50
20,00	9,40	7,90	9,40	8,90	0,03	2,62	238,12
21,00	9,30	7,90	9,40	8,87	0,00	0,00	238,12
22,00	9,30	7,90	9,40	8,87	0,07	5,23	243,35
23,00	9,20	7,80	9,40	8,80	0,03	2,62	245,97
24,00	9,20	7,80	9,30	8,77	0,00	0,00	245,97
25,00	9,20	7,80	9,30	8,77	0,03	2,62	248,59
26,00	9,10	7,80	9,30	8,73	0,07	5,23	253,82
27,00	9,10	7,70	9,20	8,67	0,03	2,62	256,44
28,00	9,00	7,70	9,20	8,63	0,03	2,62	259,05
29,00	8,90	7,70	9,20	8,60	0,00	0,00	259,05
30,00	8,90	7,70	9,20	8,60	0,00	0,00	259,05